ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU MERCREDI 27 MARS 1940.

PRÉSIDENCE DE M. GEORGES PERRIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères,

Nous espérions tous célébrer dans quatre ans le centenaire de notre doyen d'âge, **Édouard Branly**, comme jadis celui de Chevreul. Mais, hélas, ce grand savant est mort dimanche dernier, jour de Pâques !

Édouard Branly est né le 23 octobre 1844 à Amiens. Après des études au Lycée de Saint-Quentin et au Lycée Henri IV, il fut reçu à l'École Normale supérieure en 1865 et en sortit trois ans après agrégé des sciences physiques et naturelles. Il conquit bientôt, en 1873, son titre de docteur ès sciences. Sa thèse était relative aux phénomènes électrostatiques dans les piles.

Mais les études médicales l'attiraient aussi, puisque, en 1882, il acquit le titre de docteur en médecine avec une thèse sur le dosage de l'hémoglobine dans le sang par des procédés optiques.

Après avoir été, de 1869 à 1875, chef de travaux, puis directeur-adjoint du Laboratoire d'Enseignement de la Physique à la Sorbonne, il avait été remarqué, en 1875, par l'abbé d'Hulst, alors directeur de l'Institut catholique de Paris, qui lui confia dans cet établissement la chaire de Physique générale.

C'est là que s'est écoulée toute sa carrière et que sa grande découverte a été faite, dans un laboratoire que beaucoup d'entre nous ont connu, ancien

dortoir secoué par les trépidations des lourds véhicules qui sillonnent la rue de Vaugirard, pièce poussiéreuse et, a-t-on dit, encombrée comme l'antre d'un magicien, où le personnel manquait pour faire régulièrement le ménage !

Sa découverte capitale, origine de la Télégraphie sans fil, est consignée dans une Communication à l'Académie des Sciences, du 24 novembre 1890.

Les expériences de Hertz en 1887 confirmaient l'existence du rayonnement électrique prévu par Maxwell et avaient permis d'affirmer que ce rayonnement issu d'un point se propage avec la vitesse d'un rayonnement lumineux. Depuis lors les physiciens du monde entier commentaient avec passion les célèbres études du grand savant allemand.

A cette époque, l'influence des perturbations électriques sur la conductibilité des limailles métalliques avait déjà été découverte et étudiée par nombre de physiciens français et étrangers. Mais c'est Branly qui, reprenant cette étude à son laboratoire de l'Institut catholique, eut la première idée d'une communication électrique entre deux points non reliés par un fil conducteur.

Il installa dans une salle de l'Institut un éclateur à étincelles dont les boules étaient les pôles d'une machine électrostatique. Dans une salle éloignée de la précédente, séparée d'elle par trois grandes pièces, donc par des murs d'une certaine épaisseur, et par une portion de cour, il installa un petit circuit formé par un élément de pile Daniell, un galvanomètre et un tube de verre étroit contenant un peu de limaille métallique intercalée entre deux tiges conductrices. L'éclateur était séparé du circuit de pile par une longueur d'environ 25 mètres. Il constituait ainsi un *poste d'émission*, tandis que le tube à limaille était un *poste de réception*. Aucune liaison matérielle n'existait entre eux.

Le circuit de la pile étant fermé, aucun courant n'y circulait et l'aiguille du galvanomètre restait au zéro.

Mais, si, à un moment donné, une étincelle était produite à l'éclateur, la limaille devenait instantanément conductrice, le galvanomètre accusait une déviation indiquant le passage d'un courant. Un très léger choc sur le tube à limaille ou sur son support supprimait le courant; une nouvelle étincelle entre les pôles de l'éclateur le rétablissait, et ces alternatives se succédaient à la volonté de l'opérateur.

Le tube à limaille fut nommé par Branly *radio-conducteur* et peu après par Lodge *cohéreur*. Il est le premier des nombreux *détecteurs* imaginés depuis.

C'est cette modeste expérience qui a été l'origine des premiers balbutiements de la T. S. F. et du développement scientifique et industriel prodigieux pris par elle actuellement.

Rappelons que c'est un jeune élève du professeur Righi, à Bologne, Marconi, qui répéta le premier l'expérience de Branly en augmentant graduellement la distance des deux postes. Il mit en relief le rôle essentiel des tiges qu'il reliait, l'une à la boule de l'éclateur du poste d'émission, l'autre au poste de réception, et qu'il appela *antennes*.

En 1889, il réussit à établir une radio-communication entre Douvres et Boulogne, expérience célèbre à laquelle assista, comme observateur, notre futur Confrère, le Général Ferrié, alors capitaine, et à la suite de laquelle Marconi adressa à Branly le télégramme suivant :

« M. Marconi envoie à M. Branly ses respectueux compliments par télégramme sans fil à travers la Manche, ce beau résultat étant dû en partie aux remarquables travaux de M. Branly. »

On sait combien, depuis cette époque, se sont développées les multiples applications de la T.S.F., grâce à la pléiade de savants qui ont suivi les traces de Branly.

Dans un modeste petit livre, intitulé *La Télégraphie sans fil*, publié en 1925, Branly énumère ses applications et, depuis quinze ans, elles n'ont fait qu'augmenter en nombre et en importance : sécurité apportée à la navigation maritime et aérienne, signaux horaires permettant la détermination précise des longitudes en n'importe quel point du globe, renseignements météorologiques pour la protection des lignes aériennes, études météorologiques de toute nature, multiples applications militaires en temps de guerre (détermination par cadres radiogoniométriques de la position des postes d'émission ennemis, communications continues entre le commandement et les troupes, entre le sol et les avions, si précieuses pour le réglage du tir des batteries, communications lointaines entre la Métropole et ses possessions d'outre-mer etc.).

Sans se désintéresser des conséquences souvent inattendues de sa mémorable expérience, Branly, qui était un silencieux, un solitaire et un modeste, ne songea jamais à profiter du parti pécuniaire qu'il eût pu facilement en tirer. On assure même qu'il s'écria un jour en parlant de la T. S. F. : « Dire qu'on prétend que j'ai inventé ça ! ».

A l'Institut catholique, son caractère ne se révéla pas toujours commode et l'on a eu des échos de quelques différends entre lui et le

recteur, son fidèle ami d'ailleurs, notre Confrère le cardinal Baudrillart. Sans doute ces heurts, qui tenaient surtout à l'installation lamentable du laboratoire de Branly, disparurent-ils lorsque le recteur, grâce à de généreux subsides, put mettre, il y a quelques années, à la disposition de l'illustre chercheur un nouveau et splendide laboratoire bien approprié à ses travaux.

C'est M. Tournon, architecte en chef des Palais nationaux, gendre de Branly, qui le construisit et l'agença avec un amour filial. Tout y répondait aux exigences d'exactitude et de sécurité des observations.

A ce laboratoire était adjoint un musée des découvertes de Branly, où celui-ci refusait, dit-on, de pénétrer.

Dans cet Institut d'Enseignement supérieur catholique, le plus illustre de tous, ancien Couvent des Carmes, règne encore le souvenir des martyrs des massacres de septembre 1793, souvenir auquel le chrétien fervent qu'est toujours resté Branly devait être particulièrement sensible.

Les honneurs vinrent chercher Branly assez tard. C'est seulement en 1911, à l'âge de 67 ans, que notre Académie l'accueillit (¹).

Les derniers mois de sa vie furent attristés par la gravité des événements dont souffrait sa patrie. Les deux opérateurs de son laboratoire avaient été mobilisés dès le 1er septembre. Jusqu'au 3 octobre, Branly s'y rendait tous les jours en voiture, ne voulant pas cesser son labeur quotidien.

On le persuada de se retirer en Haute-Vienne pour éviter les dangers que l'on craignait alors pour la capitale. Quand ceux-ci parurent problématiques, il rentra à Paris, dans cet appartement du boulevard Saint-Michel où, depuis la mort de sa femme, il y a 13 années, il habitait avec ses enfants, les Tournon.

Mais il ne put jamais revenir à son laboratoire. Le grand froid de ces derniers mois lui fut fatal et, victime d'un refroidissement, il s'éteignit doucement, perdant le souffle sans une plainte.

Telle fut la vie de Branly.

En envoyant aux siens le témoignage de la sympathie profondément émue de l'Académie, nous sommes heureux qu'une aussi grande découverte que la Télégraphie sans fil ait eu, comme la Photographie, la Cinématographie, toutes inventions qui ont profondément modifié les conditions de

---

(¹) Il avait suppléé pendant une vingtaine d'années Émile Fernet dans ses fonctions de Secrétaire de la rédaction des *Comptes rendus*.

la vie humaine, son origine dans les travaux d'un Français et, à ce titre, nous applaudissons aux obsèques nationales qui vont être décernées à Branly.

Je lève la séance en signe de deuil.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Effets du froid sur la végétation en 1938-1940.* Note de M. Lucien Daniel.

La sécheresse et la chaleur de l'été 1938 furent excessives. Au début de l'automne les arbres étaient aoûtés et portaient de nombreuses productions fruitières. Survinrent des pluies et une température douce qui amenèrent une reprise de la végétation de courte durée. Brusquement, le 18 décembre, la température s'abaissa et atteignit — 16 à — 18° à Erquy (Côtes-du-Nord) et à Rennes; la neige tomba en grande abondance et un grand nombre de plantes résistantes dans les hivers normaux furent grillées complètement. D'autres périrent seulement en partie ou se maintinrent sans souffrance apparente, mais, à la reprise de la végétation, elles donnèrent lieu à des phénomènes intéressants.

J'avais dans mon jardin des Pêchers de semis, âgés de 7 ans; les uns, faute d'une insolation suffisante, étaient stériles quand les autres, placés en bonne exposition, fructifiaient modérément et me donnaient une dizaine de pêches en moyenne. Tous ces arbustes avaient leurs feuilles fortement envahies chaque année par la cloque (*Exoascus deformans*). En mars-avril 1939, quelques fleurs apparurent et fournirent de jeunes fruits qui tombèrent vite; des pousses ligneuses se développèrent avec de belles feuilles, dont quelques-unes étaient cloquées, sur les Pêchers mal éclairés. Chez les autres, les pousses tardives de l'automne étaient toutes grillées; des pousses de remplacement se formèrent, souffreteuses, avec des feuilles petites et *sans trace de cloque;* la floraison fut excessive, ainsi que la fructification. La plupart des fruits mal nourris tombèrent, mais il en resta en moyenne 152 par pied qui mûrirent fort bien, donnant des pêches juteuses, vivement colorées et duvetées. Au niveau du collet il se forma de nombreux rameaux de remplacement, signe précurseur de la mort des arbustes épuisés par la surproduction, mort qui a été avancée encore par les froids rigoureux de l'hiver dernier.

Des faits analogues se sont produits chez d'autres Rosacées. Les Pruniers fructifièrent abondamment et présentèrent, malgré le froid anormal de

l'hiver, la maladie des pochettes (*Exoascus pruni*), montrant ainsi que les deux espèces de ce genre ont des résistances inégales au froid. Des variations remarquables de coloris s'observèrent chez les Aubépines bien ensoleillées dont les pétales et les jeunes fruits devinrent plus ou moins rougeâtres; des poils se développèrent sur les jeunes pousses et les jeunes fruits, mais disparurent au cours de l'été. Chez les Rosiers, la couleur des pétales et des cynorrhodons fut exaltée ou atténuée à la première et à la deuxième floraison, suivant les variétés dont j'ai récolté les graines pour en étudier si possible la descendance. Une particularité curieuse s'est manifestée chez mes hybrides de greffe. Les *Cratægomespilus Dardari* et *C. Asnieresi* ont souffert à la suite d'une surfructification et des gelées de 1938 et 1939; ils reprennent actuellemment avec difficulté leur vie active quand l'Aubépine et le Néflier non greffés sont plus avancés. Les *Pirocydonia Danieli* et *P. Winkleri* ont de nombreuses branches mortes en totalité ou en partie, greffés sur Cognassier quand les parents se sont montrés très résistants au froid, ainsi que des variétés diverses de Poirier surgreffées sur le *P. Danieli*. Le *Laurus nobilis*, à moitié gelé l'an dernier, que j'avais rabattu, et qui avait repoussé vigoureusement, est mort en entier cet hiver.

Les plantes herbacées annuelles, plurannuelles ou vivaces qui avaient subi l'action des froids de l'hiver 1938-1939, ont présenté en 1939 des modifications plus ou moins accentuées portant sur la teinte des tiges, des feuilles ou le coloris des fleurs, ou sur la valeur de la floraison et de la fructification.

Ainsi le *Galium Aparine*, qui, dans les conditions normales, possède des tiges, des feuilles et des fruits verdâtres, a fourni quelques pieds panachés, et d'autres à feuilles brunes vernissées, à gros fruits rougeâtres portant des poils crochus très raides et très nombreux. Le *Sysimbrium officinale*, le *Diplotaxis muralis* avaient des feuilles vernissées et des fleurs d'un jaune plus vif qu'à l'habitude. Parmi les plantes herbacées vivaces, des phénomènes analogues s'observaient sur un très grand nombre d'espèces à fleurs jaunes (Renonculacées, Crucifères, Légumineuses etc.), à fleurs bleues (*Glechoma Hederacea*, *Veronicæ Chamædrys*, *Salvia verbenaca* etc.).

L'*Halianthus peploïdes*, selon Lloyd, fleurit peu et fructifie encore moins en Bretagne. A Erquy, sur les dunes de la grève du bourg, il a fourni de nombreuses tiges à entrenœuds courts, fleuri et fructifié très abondamment en 1939, et ses graines étaient parfaitement constituées. La *Rubia peregrina*, si différente comme longueur des entrenœuds, couleur et vernissage

de ses feuilles, ou dureté de ses aiguillons crochus, suivant qu'elle vient dans les bois du Noirmont ou au milieu des Ajoncs dans la lande de la Garenne, avait beaucoup accentué ses caractères xérophytiques dans cette dernière station.

Les Dahlias cultivés dans nos jardins sont vivaces par leurs racines tuberculeuses qui sont munies de bourgeons. En général, on recueille à l'automne ces parties que l'on conserve en un lieu sec à l'abri des froids de l'hiver. J'ai, depuis dix ans, laissé en terre 5 variétés de Dahlia communes, qui se sont admirablement conservées et ont poussé vigoureusement chaque année. Il en a été de même pour 12 variétés récentes de cette espèce que j'ai plantées depuis trois ans et qui ont parfaitement résisté au froid de -14° à -18° des hivers derniers. Même des touffes de tubercules, enlevées de terre et laissées à l'air, en mars, ont émis des pousses aériennes et se sont maintenues en donnant des organes de remplacement s'enfonçant dans le sol.

Depuis trois ans, j'ai essayé la culture des Bégonias tubéreux qui, l'hiver, ont leurs tubercules conservés à nu, au sec et à l'abri des gelées en serre, pour être remis en végétation et plantés au printemps suivant. Par hasard, n'ayant pas été satisfait de ma plantation en 1938, j'abandonnai cette culture en enlevant les tubercules pour les conserver à Rennes. A ma grande surprise, en 1939 je constatai la présence, dans le massif aux Bégonias de 1938, de deux pieds bien feuillés qui y avaient repoussé, mais qui, n'ayant pas été mis en végétation en serre pour les avancer, ne fleurirent pas. La résistance au froid du Bégonia est, à l'état de tubercule, plus grande qu'on ne se l'imagine.

J'ai pu relever pas ailleurs un certain nombre d'observations relatives à l'influence des expositions d'une même espèce sur la résistance aux froids, celles de boutures prises sur des rameaux différents par leur situation sur la même plante, par leur nature, par leur âge, par l'époque et les conditions du bouturage, par les soins qui leur sont donnés. Ces recherches m'ont permis déjà de constater l'existence de variations de résistance qu'on n'aurait pas soupçonnées. Je me propose de les continuer si les circonstances me le permettent et d'en donner les résultats dans une Note ultérieure.

M. P. **Portier** fait hommage à l'Académie du Fascicule CII des *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht par* Albert Ier, *Prince souverain de Monaco : Sur des Amphipodes hypérides provenant des Croisières du Prince Albert Ier de Monaco* par Jean-M. Pirlot.

CORRESPONDANCE.

L'**Académie Royale des Sciences de Suède** exprime les marques de sa profonde gratitude pour l'adresse qui lui a été consacrée à l'occasion de son *Bicentenaire*.

STATISTIQUE. — *La durée de retour des températures annuelles extrêmes.* Note (¹) de M. **E.-J. Gumbel**, transmise par M. Émile Borel.

Soit $W(x)$ la probabilité d'une valeur inférieure à x, x étant une variable aléatoire stationnaire dont on possède des observations faites à intervalles de temps constants, pris comme unité. On définit (²) les durées de retour $\overline{T}(x)$ ou $[\underline{T}(x)]$ d'une valeur supérieure (ou inférieure) à x, d'après

$$(1)\qquad \overline{T}(x) = 1 : [1 - W(x)]; \qquad \underline{T}(x) = 1 : W(x).$$

Pour une variable illimitée dans les deux sens, la première fonction statistique augmente, pour des valeurs croissantes de x, de la valeur initiale 1 jusqu'à l'infini, la seconde diminue de l'infini jusqu'à 1. Puisque les durées de retour sont des temps, il est raisonnable de prendre la variable comme fonction de $\log \overline{T}(x)$ ou $\log \underline{T}(x)$. On obtient

$$(2)\qquad \frac{dx}{d\log \overline{T}} = \frac{1}{\overline{T}(x)w(x)}; \qquad \frac{dx}{d\log \underline{T}} = -\frac{1}{\underline{T}(x)w(x)}.$$

Les durées de retour observées s'obtiennent à l'aide de la courbe en échelle. Si la variable est symétrique par rapport au zéro, qui est l'espérance mathématique, on a évidemment, d'après (1),

$$(3)\qquad \underline{T}(-x) = \overline{T}(x),$$

relation qui se vérifie, par exemple, pour la distribution normale, pour la

(¹) Séance du 18 mars 1940.

(²) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1471.

première loi de Laplace et pour l'équipartition. Pour cette dernière distribution d'une variable périodique, limitée entre — A et A, on obtient les durées de retour

$$\underline{\mathrm{T}}(-x) = \overline{\mathrm{T}}(x) = 2\mathrm{A} : (\mathrm{A} - x). \tag{3'}$$

Pour deux aléatoires ${}_1y$ et y_1 soumises aux probabilités ${}_1\mathrm{W}({}_1y)$ et $\mathrm{W}_1(y_1)$ telles que

$$ {}_1\mathrm{W}(-{}_1y) = 1 - \mathrm{W}_1(y_1), \tag{4}$$

on obtient la relation analogue à (3)

$$ {}_1\underline{\mathrm{T}}(-{}_1y) = \overline{\mathrm{T}}_1(y_1). \tag{5}$$

Les équations (4) et (5) sont vérifiées par $m^{\text{ièmes}}$ valeurs extrêmes d'en haut et d'en bas d'une distribution initiale du type exponentiel, si le nombre d'observations N est très grand. En particulier, pour $m = 1$, les probabilités ${}_1\mathfrak{W}(y)$ et $\mathfrak{W}_1(y)$ de la plus petite et de la plus grande valeur sont

$$ {}_1\mathfrak{W}(-y) = 1 - \mathfrak{W}_1(y); \qquad \mathfrak{W}_1(y) = e^{-e^{-y}}, \tag{6}$$

où la variable réduite y est une fonction linéaire de la variable x. On tire de (1), (5) et (6) que le logarithme naturel de la durée de retour d'une plus grande valeur, supérieure à y, est égale à celui d'une plus petite valeur, inférieure à $-y$, et que tous les deux tendent [3] vers y.

Soit x la température journalière (N = 365); alors il résulte de (6) que le nombre d'années accusant une température minimum annuelle, inférieure à $-y$, doit être égal au nombre d'années accusant une température maximum annuelle, supérieure à y. La durée de retour d'une température minimum annuelle, inférieure à $-y$, doit être égale à la durée de retour d'une température maximum annuelle, supérieure à y.

Un premier contrôle de cette théorie est fourni par le postulat que les écarts types s des deux répartitions observées des températures extrêmes annuelles doivent être égaux. Soient ${}_1\bar{u}$ et $\bar{u}_1$ les moyennes observées des températures extrêmes; alors on obtient les températures minima ${}_1x$ et maxima x_1 théoriques correspondant aux températures réduites $-y$ et y d'après

$$ {}_1x = {}_1\bar{u} + \mathrm{C}\frac{\sqrt{6}}{\pi}s - y\frac{\sqrt{6}}{\pi}s; \qquad x_1 = \bar{u}_1 - \frac{\mathrm{C}\sqrt{6}}{\pi}s + y\frac{\sqrt{6}}{\pi}s \tag{7}$$

---

(3) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 2041.

où C désigne la constante d'Euler. On peut tracer sur la même échelle les températures minima et maxima annuelles en prenant comme point de départ commun les valeurs théoriques des températures annuelles minima ${}_1u$ et maxima u_1 les plus probables, qui sont

$$(8) \qquad {}_1u = {}_1\overline{u} + \frac{C\sqrt{6}}{\pi}s; \qquad u_1 = \overline{u}_1 - \frac{C\sqrt{6}}{\pi}s.$$

La comparaison entre elles des années observées accusant une température minimum, inférieure à ${}_1x$ et maximum, supérieure à x_1, et la comparaison des deux avec la fréquence théorique commune, de même la comparaison entre elles des durées de retour observées des températures minima, inférieures à ${}_1x$ et maxima, supérieures à x_1 et la comparaison des deux avec la durée de retour théorique commune, enfin l'introduction des courbes de contrôle communes, fournissent des critères des déviations des températures extrêmes observées de la théorie des valeurs extrêmes et du caractère d'une aléatoire stationnaire.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'ordre d'une fonction entière de deux variables.* Note de M. **Pierre Lelong**, présentée par M. Paul Montel.

1. Nous avons étudié la croissance de la fonction entière $F(x, y)$, d'abord dans une direction donnée $y = tx$. Soit $F(x, tx) = \Phi(x, t)$ et $M(r, t)$ le maximum de $|\Phi|$ pour $|x| = r$. L'ordre $\rho(t)$ de $F(x, y)$ pour t donné, défini par

$$\rho(t) = \overline{\lim}\,\frac{\log_2 M(r, t)}{\log r},$$

possède la propriété suivante : $\rho(t)$ *a une valeur constante* ρ_0, *nulle, finie ou infinie dans tout domaine borné du plan, sauf peut-être sur un ensemble de points* $\mathcal{E}$, *de capacité nulle où l'on a* $\rho(t) < \rho_0$.

La démonstration repose sur le développement $\Phi(x, t) = \Sigma x^n P_n(t)$, P_n étant un polynome de degré n, et utilise les propriétés de la fonction $U = \overline{\lim}\, U_n$, où U_n est le potentiel $\int d\mu_n \log r$ dû à un ensemble borné E_n dont la masse totale μ_n est localisée aux zéros des P_n. Nous avons établi le lemme :

Pour une suite limitée $U_1, U_2, \ldots, U_n$, l'ensemble $\mathcal{E}^n$ des points

communs à $n-p(n)$ au moins des domaines où

$$U_i < \alpha_n \quad \left[1 \leqq i \leqq n, \frac{p(n)}{n} \to 1,\ p(n) \to \infty \text{ avec } n\right],$$

a une capacité qui tend vers zéro dans les deux cas suivants :

1° quand $\alpha_n \to -\infty$, μ_i étant compris entre deux nombres positifs;

2° quand $\mu_i \to 0$, α_n étant compris entre deux nombres négatifs.

L'ensemble $\mathcal{E}_\varepsilon$, où $\rho(t) < \rho_0/1+\varepsilon\rho_0$, est de capacité nulle ([1]); la même propriété subsiste pour l'ensemble $\mathcal{E}$, où $\rho(t) < \rho_0$.

L'ensemble $\mathcal{E}$ peut n'être pas borné : la partie extérieure au cercle $|t|=1$ donne encore par la transformation $t=1/\theta$ un ensemble de capacité nulle. Nous dirons dans ce sens que $\mathcal{E}$ est de capacité nulle dans le plan des t.

L'étude de la croissance de $F(x, y)$ par rapport à $r'=|y|$ dans la direction $y=x/\theta$ donne la même valeur ρ_0 avec le même ensemble exceptionnel; elle détermine dans quel cas le point $t=\infty$ fait partie de $\mathcal{E}$.

2. Si ρ_0 est fini, l'étude précédente donne ainsi directement l'ordre apparent total défini par M. Borel. D'après un résultat dû à M. J. Sire ([2]), on peut alors, pour l'étude de $F(x, y)$ avec y (ou x) constant, remplacer $F(x, y)$ par

$$F_1(x, y) = \sum x^n P_{\varphi(n)}(y), \qquad \varphi(n) < kn.$$

La méthode précédente donne alors $\rho(y)=\rho_0$, sauf éventuellement sur un ensemble de points $C(y)$ en lesquels $\rho(y) < \rho_0$; $C(y)$ *est de capacité nulle.*

3. Les deux résultats peuvent être précisés par l'étude des fonctions

$$A(t) = \overline{\lim} \frac{\log M(r, t)}{r^{\rho_0}}, \qquad B(y) = \overline{\lim} \frac{\log M(r, x)}{r^{\rho_0}}:$$

ou bien $A(t)$ *est nulle pour toute valeur finie de* t, *ou bien* $A(t)$ *est infinie sauf pour un faisceau de directions de capacité nulle, ou bien* $A(t)$ *est bornée dans tout domaine borné du plan des* t *et nulle éventuellement sur un ensemble de capacité nulle* $\mathcal{E}_1$, *qui contient* $\mathcal{E}$.

Dans ce dernier cas, quand $|t| \to \infty$, on a, en général,

$$\overline{\lim} \frac{\log A(t)}{\log |t|} = \rho_0.$$

([1]) Les ensembles fermés contenus dans $\mathcal{E}_\varepsilon$ sont de capacité nulle : c'est donc de la capacité intérieure des ensembles ouverts $\mathcal{E}_\varepsilon$ qu'il s'agit ici dans le sens où l'on parle de mesure intérieure.

([2]) *Rendiconti del Circolo matematico di Palermo*, 31, 1911, p. 25.

Si $\overline{\lim}[\log A(t)/\log|t|] \leq \rho_0 - \alpha$, l'ensemble des points M_n au voisinage desquels $A(t) < |t - t_n|^{\beta_n+\varepsilon}$, $\beta_n > 0$, est dénombrable et l'on a $\alpha + \Sigma\beta_i \leq \rho_0$.

Mêmes résultats pour $B(y)$, la dernière inégalité étant remplacée par $\alpha' + \Sigma\beta'_i \leq k\rho_0$.

Dans le cas où $A(t)$ est nulle ou infinie, l'emploi d'un ordre déterminé $\rho(r)$ permet de trouver une fonction $A_1(t)$ ayant encore ces propriétés.

4. L'étude faite a pour conséquence le théorème suivant :

Si $F(x, y)$ *est une fonction méromorphe, l'ensemble des directions* $y = tx$, *où* $F(x, tx)$ *est une fonction entière de* x, *forme un faisceau de capacité nulle* ou encore :

Si a est une valeur exceptionnelle au sens de M. Picard pour la fonction entière $F(x, y)$ sur un ensemble E de directions, deux cas seulement sont possibles : *ou bien* E *est un faisceau de capacité nulle, ou bien a est une valeur exceptionnelle pour toute direction et* $F(x, y)$ *ne prend jamais la valeur a.*

HYDRAULIQUE. — *Sur les équations des cours d'eau à fond mobile.* Note (¹) de M. **Charles Jaeger**, présentée par M. Charles Fabry.

Veronese (*Annali LL. PP.*, septembre 1937, p. 717) étudiant, à la suite de Schoklitsch [2], les affouillements se produisant à l'aval de barrages et seuils, mesura entre autres, sur modèle réduit, les affouillements se produisant dans un fond de gravillon placé à l'aval d'un seuil fixe. Les essais furent effectués pour un nombre de Froude constant $Fr = v/\sqrt{gh} = 1{,}02$, pour lequel on observait à l'aval du seuil, où la hauteur d'eau était égale à h, un ressaut hydraulique. Veronese résuma ses mesures dans une formule empirique qui présente le grave inconvénient d'être incompatible avec la loi de similitude de Froude.

Examinant à nouveau les résultats publiés par Veronese, nous étions arrivé à la conclusion qu'ils pouvaient, au contraire, être représentés par une formule conforme à la loi de Froude, formule que nous écrivions (*Wasserkraft und Wasserwirtschaft*, nos 23-24, 1939, p. 269).

(1) $$\Delta y = A_1 + A_2 \left(\frac{h}{D}\right)^{\alpha} q^{\frac{2}{3}},$$

(¹) Séance du 19 février 1940.

(²) *Wasserwirtschaft*, 24, 1932, p. 343.

Δy étant la profondeur de l'affouillement, h la hauteur d'eau à l'amont, D le diamètre caractéristique du gravier et q le débit d'eau par unité de largeur. L'exposant α prenait la valeur $\alpha = 1$; A_1 et A_2 étant, d'après les essais de Veronese, des constantes.

La forme même de cette équation empirique nous fit songer à la formule des débits solides de Meyer-Peter, Favre et Einstein ([3]), que nous rappelons : Si J est la pente de la ligne d'énergie, $g^\star$ le débit solide par unité de largeur, on a

$$\frac{q^{\frac{2}{3}}\mathrm{J}}{\mathrm{D}} = a + b\frac{g^{\star\frac{2}{3}}}{\mathrm{D}}, \tag{2}$$

a et b étant des constantes qui dépendent de la seule densité des matériaux charriés. En combinant (2) à la loi du régime uniforme

$$q = h v = c' h^{\frac{5}{3}} \mathrm{J}^{\frac{1}{2}} \mathrm{D}^{-\frac{1}{6}} \tag{3}$$

(où v est la vitesse moyenne du courant), on obtient sans difficultés

$$\left(\frac{\mathrm{D}}{h}\right)^{\frac{10}{9}} \left(1 + \frac{b}{a}\frac{g^{\star\frac{2}{3}}}{\mathrm{D}}\right) = \frac{c'^{\frac{2}{5}}\mathrm{J}^{\frac{4}{3}}}{a}, \tag{4}$$

équation très générale qui permet d'étudier certaines particularités des cours d'eau à fond mobile, pour le cas d'un régime uniforme ou quasi uniforme, avec débit solide ($g^\star \neq 0$).

Dans le cas spécial envisagé par Veronese, et que nous examinerons seul ici, le débit solide était nul ($g^\star = 0$) et $\mathrm{D} = \text{const}$. La veine liquide restait découverte sur une certaine distance Δx à l'aval du seuil. Différentions l'équation (4) pour ce cas particulier :

$$\frac{dh}{h} = -\frac{6}{5}\frac{d\mathrm{J}}{\mathrm{J}}. \tag{5}$$

Écrivons que l'accroissement $dh = dz - dy$, où dz est la variation de la ligne d'eau et dy la variation du fond du lit. La relation (2) nous donne

$$\frac{1}{\mathrm{J}} = \frac{q^{\frac{2}{3}}}{a\mathrm{D}}.$$

On tire aisément de (5)

$$dy = dz + \frac{6}{5}\frac{q^{\frac{2}{3}}}{a\mathrm{D}} h\, d\mathrm{J} \tag{6}$$

(on écrit une équation analogue, lorsque $g^\star \neq 0$, mais constant).

([3]) *Schweiz. Bauzeitung*, **103**, 1934, p. 147.

Dans le cas traité par Veronese, on peut écrire, entre le seuil et le point d'éclatement du ressaut, $\Delta x = \int_0^{\Delta x} dx$, x étant l'abscisse du cours d'eau. D'autre part, on peut démontrer ([4]) que le point d'éclatement du ressaut se trouve dans un profil immédiatement en amont du profil où $dy/dx = 0$, ce qui nous permet de déterminer ce point, en confondant pratiquement les deux profils en question. Intégrons l'équation (6) entre zéro et Δx, en posant $\Delta z = \int_0^{\Delta z} dz$ et $\Delta y = \int_0^{\Delta y} dy$. On trouve (en posant $h = h_0$ pour $x = 0$),

$$(7) \qquad \Delta y = \Delta z + \frac{6}{5a} q^{\frac{2}{3}} \frac{h_0}{D} \int_{J_0}^{J_{\Delta x}} \frac{h}{h_0} dJ,$$

L'équation (7) est l'équation des affouillements pour le cas traité par Veronese. On observe immédiatement que, pour un nombre de Froude Fr constant, l'intégrale figurant au second membre prend également une valeur constante. L'équation (7) aura donc l'aspect de l'équation (1).

L'équation (7) est d'un maniement malaisé. Mais on peut écrire

$$(6a) \qquad dy = dz - 4h \frac{dv}{v}$$

qui, combinée avec l'équation de Bernoulli et l'équation de continuité, se prête au calcul point par point des cours d'eau en équilibre ($g^{\star} = 0$ ou constant), à débit liquide constant, pour $D = \text{const}$.

Il est intéressant de relever ici qu'en partant d'une équation des débits solides établie sur la base d'essais effectués à Zurich, nous puissions retrouver une formule que nous avions déduite il y a quelque temps en étudiant des essais et affouillements effectués à Padoue. Cette concordance confirme l'opinion émise dans une précédente Note que l'ensemble des phénomènes de charriage des matériaux en régime turbulent obéit bien à la loi de Froude généralisée et que la loi de Meyer-Peter, Favre et Einstein a les caractères d'une loi physique ([5]).

([4]) Ch. Jaeger, *Schweiz. Bauzeitung*, 114, 1939, p. 231.
([5]) Ch. Jaeger, *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 208.

PHYSIQUE. — *Mise en formule d'une loi expérimentale : calcul des coefficients de la formule; détermination de la valeur moyenne de la fonction expérimentale. Régularité d'une suite de valeurs expérimentales.* Note [1] de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons indiqué [2] comment on pouvait faire épouser *au mieux*, par une courbe théorique, une distribution de points expérimentaux, en identifiant la *valeur moyenne* de la courbe *théorique* et de la fonction *expérimentale*, à l'intérieur d'*autant* de régions, dites *fondamentales*, qu'il y a de paramètres dans la loi théorique.

I. La loi théorique étant, pour les raisons indiquées (*loc. cit.*), prise sous la forme $M + d[(Ax + B):(x^2 + Cx + D)]:dx$, voici comment se calculent les 5 coefficients M, B, C, D, A.

Soient o, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, les limites des 5 régions en lesquelles est partagé l'intervalle expérimental. Si l'on désigne par $\bar{y}_i$ la valeur moyenne de la fonction expérimentale à l'intérieur de l'intervalle partiel (x_{i-1}, x_i), les coefficients M, C, D sont donnés, en désignant par Σ_k la somme $\Sigma_1^k \bar{y}_i(x_i - x_{i-1})$, par l'équation linéaire

$$M(x_5 - x_3) + C(\bar{y}_5 - \bar{y}_4) + D[x_3 x_4 \bar{y}_5 - (x_5 + x_4 - x_3) x_3 \bar{y}_4 - (x_5 - x_3)\Sigma_3] : x_3 x_4 x_5 = x_5 \bar{y}_5 - x_3 \bar{y}_4$$

et les *deux* équations que l'on en déduit, en réduisant les indices d'une unité, *deux* fois de suite.

B et A sont alors donnés successivement par

$$-B : D = x_1(\bar{y}_1 - M) + (C + x_2)(\bar{y}_2 - M) + D(\bar{y}_2 - \bar{y}_1) : x_2$$
$$A = (C + x_1) B : D + (x_1^2 + C x_1 + D)(y_1 - M).$$

II. Reste à examiner comment seront calculées les *valeurs moyennes de la fonction expérimentale*. On détermine par la formule d'interpolation de Lagrange le *polynome* de degré $(n - 1)$, passant par n points *expérimentaux* consécutifs, et l'on en forme une *fonction primitive*. On calcule ainsi, par *bandes successives*, l'aire d'une région fondamentale (comprenant plusieurs groupes de n points), d'où se déduit la valeur moyenne expérimen-

---

(1) Séance du 18 mars 1940.

(2) *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 329.

tale $\overline{y}$, que l'on obtient sous la forme d'une *fonction linéaire et homogène des ordonnées successives* y_i. Les ordonnées équidistantes des extrémités jouent évidemment le même rôle.

Il est plus expéditif, surtout si les ordonnées ne sont pas équidistantes, de chercher les coefficients de la forme linéaire et homogène en y_i, *en appliquant l'expression cherchée de* $\overline{y}$ *aux fonctions* $1, x, x^2, \ldots, x^{n-1}$, auxquelles correspondent des valeurs moyennes immédiatement calculables.

Voici les résultats, dans les cas les plus importants :

1° *Bande limitée par les ordonnées* y_1, y_2, y_3, d'abscisses 0, l, $(l+m)$, et l'arc de parabole correspondant :

$$6lm\overline{y} = m(2l-m)y_1 + (l+m)^2 y_2 + l(2m-l)y_3.$$

2° *Bande limitée par les ordonnées* y_2 *et* y_3, et l'arc de parabole défini par ces ordonnées et l'ordonnée *antérieure* (mêmes abscisses que ci-dessus) :

$$6l(l+m)\overline{y} = -m^2 y_1 + (l+m)(m+3l)y_2 + l(3l+2m)y_3.$$

3° *Bandes* définies par des ordonnées équidistantes, *en nombre plus ou moins grand :*

$$6\overline{y} = y_1 + 4y_2 + y_3$$
$$8\overline{y} = y_1 + 3y_2 + 3y_3 + y_4$$
$$90\overline{y} = 7y_1 + 32y_2 + 12y_3 + 32y_4 + 7y_5$$
$$288\overline{y} = 19y_1 + 75y_2 + 50y_3 + 50y_4 + 75y_5 + 19y_6$$
$$840\overline{y} = 41y_1 + 216y_2 + 27y_3 + 272y_4 + 27y_5 + 216y_6 + 41y_7$$
$$17280\overline{y} = 751y_1 + 3577y_2 + 1323y_3 + 2989y_4 + 2989y_5 + 1323y_6 + 3577y_7 + 751y_8$$
$$28350\overline{y} = 989y_1 + 5888y_2 - 928y_3 + 10496y_4 - 4540y_5 + 10496y_6 - 928y_7 + 5888y_8 + 989y_9$$

III. Les bandes à trois ordonnées sont-elles suffisantes? *Jusqu'à quel degré* doit-on pousser, pour le calcul d'une *valeur moyenne*, la courbe joignant les points expérimentaux ? Nous avons, reprenant certaines mesures citées dans notre dite Note, effectué le calcul d'une valeur moyenne, dans différents intervalles, en utilisant des *bandes* consécutives à un nombre variable d'ordonnées

1 ordonnée à la fois........	45,7552	49,3585	53,1923	53,4375
Bandes à 2 ordonnées.......	45,7491	49,3658	53,3217	53,5937
» 3 »	45,7472	49,3661	53,3311	53,6058
» 4 »	45,7478	49,3637	53,3288	53,6091
» 5 »	45,7470	49,3664	53,3307	53,6050
» 7 »	45,7466	49,3686	53,3337	53,6025
» 9 »	45,7384	–	–	53,5654

On voit que des trapèzes comportant un côté curviligne du 2e ou du 3e degré (3 ou 4 ordonnées) *suffisent* bien. Par contre, quand le degré augmente notablement, la valeur moyenne que l'on calcule éprouve ordinairement des variations irrégulières, traduisant la régularité imparfaite de la *suite des valeurs expérimentales*. On peut donc, pratiquement, définir l'*irrégularité* d'une telle suite par la *complexité* (nombre des ordonnées) qu'il faut donner au trapèze de quarrage pour que le calcul de la valeur moyenne n'aille plus en s'*améliorant*. Il était classique de découvrir l'irrégularité par la considération des *différences successives*; mais, outre que ce procédé, qui exige l'*équidistance* des ordonnées, est *inutilement* sensible, il porte sur la comparaison de valeurs expérimentales *isolées*, tandis que le procédé proposé ici ne fait jouer que des *moyennes*, que l'on peut *toujours* calculer.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la théorie du deuton.*
Note de M. **Jacques Solomon**, présentée par M. Paul Langevin.

Dans la théorie du deuton, basée sur la théorie actuelle du mésoton, le niveau fondamental est un mélange d'états ^3S et ^3D, d'où, conformément à l'expérience, un moment électrique quadrupolaire. Nous nous proposons ici d'obtenir une évaluation directe des proportions de ce mélange. Soient $u(r)/r$ et $v(r)/r$ les parties radiales des fonctions d'onde relatives aux états ^3S et ^3D. On peut montrer directement, à partir des équations différentielles [1] qui déterminent u et v, que, tout au moins lorsque r n'est pas trop grand, on a l'équation

$$\frac{v}{u}-\frac{u}{v}=\frac{\dfrac{MC}{\hbar^2}\left(1+\dfrac{3}{\lambda r}+\dfrac{3}{\lambda^2 r^2}\right)\dfrac{e^{-\lambda r}}{r}-\dfrac{MK}{\hbar^2}\dfrac{e^{-\lambda r}}{r}-\dfrac{6}{r^2}}{-\dfrac{CM\sqrt{2}}{\hbar^2}\left(1+\dfrac{3}{\lambda r}+\dfrac{3}{\lambda^2 r^2}\right)\dfrac{e^{-\lambda r}}{r}},$$

où M est la masse du proton (ou du neutron), $\hbar$ la constante de Planck divisée par 2π, λ l'inverse de la longueur d'onde de Compton relative au mésoton, et où C et K sont des grandeurs ayant les dimensions du carré d'une charge et liées aux constantes d'interaction g_i de la théorie générale

(1) F. J. Belinfante, *Theory of heavy Quanta*, 1939, p. 94.

des mésotons par les relations

$$C = g_2^2 - g_3^2, \qquad K = g_2^2 + \frac{g_3^2}{2} + \frac{3g_1^2}{2}.$$

On peut tirer de là, pour chaque valeur de r, la valeur du rapport v/u. Soit, par exemple,

$$C = -\gamma \hbar c, \qquad K = \frac{8}{3}\gamma \hbar c,$$

où γ est un nombre sans dimensions; on a, pour deux valeurs de $a = (6/\gamma)(\mu/M)$ (où μ est la masse du mésoton), le tableau suivant :

λr	0,25.	0,33.	0,50.	1.	2.	3.
$\frac{v^2}{u^2}(a=2)$	0,45	0,43	0,42	0,28	0,12	0,07
$\frac{v^2}{u^2}(a=3)$	0,42	0,41	0,40	0,23	0,08	0,04

La *composition* de l'état fondamental du deuton est fixée par la valeur du rapport $\frac{\int v^2\,dr}{\int u^2\,dr}$. Le tableau précédent nous montre que ce rapport est certainement inférieur à 0,4, autrement dit que l'état ^3D entre pour une proportion certainement inférieure à 40 % dans l'état fondamental du deuton. On notera que cette limite supérieure est forcément abaissée lorsqu'on *coupe* l'intégration sur le rayon à une distance supérieure à $\lambda r = 0,25$. En tout cas, ce qui précède nous fait prévoir l'existence de déviations importantes de l'effet photoélectrique du deuton par rapport aux calculs classiques de Bethe et Peierls. Il semble encore en résulter, si l'on applique ce résultat au calcul du moment magnétique du deuton, que l'additivité des moments magnétiques n'est pas respectée, ce qui est en accord avec le fait que les dimensions du deuton sont, d'après Wilson ([2]), justement de l'ordre de $1/\lambda$.

([2]) A. H. Wilson, *Proc. Camb. Phil. Soc.*, 34, 1938, p. 365.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réduction d'un mélange d'aldéhydes benzoïque et crotonique.* Note (¹) de M. **Z.-Charles Glacet**, transmise par M. Robert Lespieau.

M. J. Wiemann et moi-même (²) avons constaté que la réduction d'une aldéhyde α-éthylénique $R-CH=CH-CH=O$, par le magnésium en milieu acétique, donnait des dérivés du tétrahydrofurane de la forme

HO—CH——CH²
R—CH=CH—CH ⟨O⟩ CH—R

et

R—CH——CH²
R—CH=CH—CH ⟨O⟩ CHOH

Nous avons expliqué la formation de ces corps par la réduction de l'ion $R-\bar{C}H-\bar{C}H-\bar{C}H-\bar{O}$ en un radical $R-\overset{}{\underset{|}{C}}H-CH^2-\underset{|}{C}H-OH$, suivie de la fixation de ce radical sur la double liaison aldéhydique.

Il semblait possible d'obtenir des dérivés mixtes en réduisant un mélange de deux aldéhydes. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons réduit un mélange des aldéhydes benzoïque et crotonique.

La réduction de l'aldéhyde benzoïque seule donne un produit pâteux constitué presque totalement par de l'hydrobenzoïne et de l'isohydrobenzoïne accompagnées d'un peu de benzhydrol. Comme cela était à prévoir, l'aldéhyde benzoïque ne se réduit donc pas comme une aldéhyde α-éthylénique de la série grasse; le carbone à polarité négative du cycle ne fixe pas d'hydrogène.

Dans le cas d'une réduction condensatrice, ce sera donc principalement le groupement carbonyle de l'aldéhyde benzoïque qui fixera le radical formé par réduction d'une deuxième aldéhyde.

La réduction d'un mélange d'aldéhydes benzoïque et crotonique donne une huile incolore $E_{0,5}$ 105-108°. Les constantes physiques et les quelques propriétés chimiques de ce produit que nous avons étudiées sont en accord avec la formule de l'un des isomères

H³C—CH——CH²
C⁶H⁵—CH ⟨O⟩ CHOH

HO—CH——CH²
C⁶H⁵—CH ⟨O⟩ CH—CH³

(¹) Séance du 18 mars 1940.

(²) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1239 et 1358.

L'indice de réfraction n_D^{21} 1,5347 et la densité d_4^{21} 1,102 donnent une réfraction moléculaire de 50,26 pour 50,36 calculée. Le dosage du carbone et de l'hydrogène a fourni C % 73,6; H % 7,98, pour 74,1 et 7,86 calculé.

L'acétylation pyridinée de ce produit nous a montré que la molécule ne contenait qu'une fonction alcool. Cette acétine présente les constantes suivantes : $E_{0,6}$ 112°; $\eta_D^{19,5}$ 1,5061; $d_4^{19,5}$ 1,091. La réfraction moléculaire trouvée est 59,85 pour 59,72 calculée. L'indice d'acétyle, mesuré pour saponification alcaline, montre qu'il s'agit bien d'une monoacétine.

La déshydratation de l'alcool, au moyen du sulfate de cuivre, donne un carbure avec de très mauvais rendements. Le même carbure est obtenu bien plus facilement par simple chauffage de l'acétine entière 150 et 175° sous une pression de 40^{mm}. Les constantes physiques en sont les suivantes : E_{13} 99-100°; η_D^{18} 1,5234; d_4^{18} 1,0105. La réfraction moléculaire trouvée est 48,39 pour 48,37 calculée pour les carbures

CH^3-CH —— CH / C^6H^5-CH —— CH / O ou CH —— CH^2 / C^6H^5-C —— $CH-CH^3$ / O

Par combustion nous avons trouvé C % 82,4; H % 7,5, pour 81,8 et 7,7 calculé.

Ce carbure ne fixe rapidement à froid qu'une molécule de brome. Nous avons proposé deux formules isomères pour l'alcool que nous venons de décrire. L'étendue du point d'ébullition peut faire supposer qu'il s'agit d'un mélange de ces deux corps; cependant les fractions qui passent au début et à la fin de la distillation nous ont donné la même acétine et, par déshydratation, nous n'avons obtenu qu'un seul carbure.

Nous nous proposons, dès que les circonstances le permettront, de poursuivre ce travail en étudiant les produits d'oxydation de l'alcool isolé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude sur le spectre Raman des cétimines substituées et sur l'isomérie de ces bases.* Note de M. **Roger Cantarel**, transmise par M. Paul Sabatier.

Les doubles liaisons C=C et C=O sont toutes deux caractérisées par une raie de fréquence Raman comprise entre 1500 et 1750 cm^{-1}; dans le cas de structure identique, la raie de la double liaison du carbonyle a une fréquence Raman plus élevée que celle de la double liaison éthylénique.

La double liaison entre carbone et azote (bases de Schiff, cétimines substituées) a été moins étudiée et aucune détermination n'a été faite sur les cétimines libres (¹). Il nous a paru intéressant de préciser la fréquence caractéristique de la liaison C=N et de la situer par rapport aux fréquences correspondantes des liaisons C=C et C=O.

Dans ce but, nous avons étudié la diphénylcétimine et diverses cétimines substituées décrites dans une Note précédente (²). Nous avons fait les spectres de la diphénylcétimine liquide et de la benzophénone liquide pour comparer les liaisons C=N et C=O; celui de la benzhydrylamine nous a permis de caractériser les raies dues à la double liaison.

Résultats. — Dans les tableaux suivants, nous indiquons la fréquence Raman et l'intensité relative.

Benzophénone $(C^6H^5)^2>C=O$.

146	6	410	2	722	7	945	2	1151	14	1485	3	2778	8
224	6	565	5	766	5	1001	15	1274	4	1540	2	3052	2
286	4	613	7	808	2	1028	10	1314	1	1595	15		
401	2	712	7	851	3	1103	1	1445	3	**1658**	14		

Diphénylcétimine $(C^6H^5)^2>C=N$.

150	6	432	2	762	4	938	3	1172	2	1485	3	2778	6
218	6	563	4	791	2	995	15	1188	3	1530	3	3052	3
289	3	613	6	806	1	1021	8	1272	2	1558	7		
363	2	652	1	845	3	1072	1	1354	3	1588	14		
403	3	712	6	892	2	1152	12	1440	3	**1649**	10		

Benzhydrylamine $(C^6H^5)^2>CH-NH^2$.

165	4	416	3	613	4	734	4	942	2	1152	4	1599	6		
224	3	553	2	634	1	802	4	998	15	1181	6	2778	8		
273	4	588	1	697	1	845	2	1022	6	1577	3	3052	3		

Benzhydrylidène-benzylamine $(C^6H^5)^2>C=N-CH^2-C^6H^5$.

148	6	613	6	899	2	1158	8	1493	6	2494	4	3112	2
204	6	705	3	940	3	1276	8	1568	8	2778	10		
396	2	766	2	1000	13	1313	3	1590	12	3049	3		
553	3	821	3	1029	6	1443	2	**1622**	8	3052	3		

Benzhydrylidène-benzhydrylamine $(C^6H^5)^2>C=N-CH<(C^6H^5)^2$.

205	3	613	4	998	8	1151	4	1490	1	1590	7
578?	1	835	3	1025	3	1276	2	1564	4	**1618**	4

Pour tous ces corps, à l'exception de la benzhydrylamine, on observe

(¹) BONINO et CELLA, *Atti Lincei*, **15**, 1932, p. 568; BONINO et MANZONI, *Z. Phys. Chem.*, **22**, 1933, p. 169; A. KIRMANN et P. LAURENT, *Bull. Soc. Chim.*, 6, 1939, p. 1657.

(²) *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 403.

une raie forte dans la région des fréquences caractéristiques des liaisons éthylénique et cétonique; sa disparition dans le cas de la benzhydrylamine confirme bien son origine dans la liaison C = N. La comparaison des deux premiers spectres fait apparaître une fréquence Raman plus faible pour la liaison C = N que pour la liaison C = O (1649 contre 1658 cm^{-1}), et cette raie a une intensité plus faible dans le cas de la cétimine (10 contre 14). La comparaison des spectres de la diphénylcétimine et de la benzhydrylamine fait apparaître une série de raies, plus faibles, caractéristiques du groupe C=N, qui s'évanouissent par substitution. Nous observons très nettement l'influence de plus en plus marquée des noyaux phényl sur la raie caractéristique, à mesure que ces noyaux s'accumulent sur la double liaison : sa fréquence Raman diminue à la fois en valeur propre (1649 à 1618 cm^{-1}) et en intensité (10 à 4). Signalons également deux raies, de fréquences moyennes 1274 et 1490 cm^{-1} pour tous les corps possédant le groupement $(C^6H^5)^2>C=$.

De ces premières mesures, il résulte que la fréquence caractéristique propre de la liaison C=N des cétimines est comprise entre celles des liaisons C=C et C=O et qu'elle est très voisine de la liaison cétonique.

Isomérie. — Nous avons pu observer que, parmi les bases de Schiff obtenues ([2]), celles qui possédaient le groupement $>C=N-CH<$ donnaient lieu, sous l'influence de certains agents, à une transposition moléculaire : ce groupement s'isomérise en $>CH-N=C<$; quelques cas isolés d'équilibres isomériques analogues ont été signalés ([3]).

Il nous a paru intéressant d'observer cette modification de structure sur le spectre Raman des isomères préparés à l'état de pureté. Nous avons étudié l'équilibre benzhydrylidène-benzylamine ⇌ benzylidène-benzhydrylamine. Les raies du spectre du premier de ces corps ont été indiquées plus haut; voici celles de la benzylidène-benzhydrylamine :

$$C^6H^5-CH=N-CH<(C^6H^5)^2$$

150	3	642	2	884	2	1168	4	1494	2	1593	10	2778	6
212	3	751	1	1000	8	1215	5	1531	2	1636	10	3049	2
613	4	815	1	1030	3	1445	2	1569	3	2494	1	3052	2
												3108	1

Dans la benzhydrylidène-benzylamine, deux noyaux phényl se trouvent sur le C doublement lié à l'N : la raie caractérisant la double liaison est

(3) TURCAN, *Bull. Soc. Ch.*, 51, 1932, p. 486; INGOLD et WILSON, *J. Chem. Soc.*, 1933, p. 1501.

déplacée vers des fréquences Raman plus faibles (1622 contre 1236 cm^{-1}), et la raie de fréquence moyenne 1274 caractéristique du groupement $(C^6H^5)^2>C=$ apparaît. On retrouve dans les deux spectres la raie de fréquence moyenne 1490 due au groupement $C^6H^5 \diagdown C=$, mais son intensité est fortement diminuée dans le cas de la benzylidène-benzhydrylamine où la seconde substitution sur le C est un atome d'hydrogène, sa fréquence étant par ailleurs très légèrement augmentée (1494 contre 1493 cm^{-1}).

L'étude de ces deux isomères nous a permis de montrer qu'ils sont très différenciés par leur spectre Raman, et que ces spectres seront susceptibles de donner de précieuses indications pour l'étude de l'équilibre isomérique de ces substances.

HYDROLOGIE. — *Une méthode d'auscultation d'une circulation souterraine dans un terrain fissuré.* Note (¹) de M. **Frédéric Diénert.**

Il est intéressant de posséder de nombreuses méthodes d'auscultation de la circulation des eaux souterraines dans un terrain fissuré pour pouvoir se faire une idée de plus en plus exacte de la façon dont celle-ci s'effectue. Par exemple, au moyen d'une introduction de sel marin dans un puits parcouru par un courant et en utilisant comme prospection géophysique la méthode différentielle des résistivités, on peut suivre les canaux par lesquels l'eau souterraine sort de ce puits. L'emploi des matières colorantes fait connaître la source où ces eaux reparaissent. Toutefois encore, par ces méthodes, de nombreux détails de cette circulation manquent et nous avons mis au point et contrôlé un procédé simple et économique pour connaître certains d'entre eux. Il ne peut être utilisé que dans un puits dont la partie inférieure, baignant dans l'eau, a été conservée à l'état naturel, c'est-à-dire sans aucune maçonnerie.

Admettons un puits parcouru par un courant d'eau de débit q à la seconde. Une réserve d'eau V, qu'on peut mesurer, existe dans ce puits. Versons, dans ce dernier, deux substances faciles à doser et inoffensives, par exemple du sel marin et du glycocolle, dont le pouvoir de diffusion est très différent. Mélangeons intimement ces substances à l'eau du puits au

(¹) Séance du 19 février 1940.

moyen d'un agitateur simple mais puissant, de forme hélicoïdale. Ces substances seront entraînées par le courant et disparaîtront peu à peu du puits. En même temps elles diffuseront. Soient a et b les teneurs, par litre d'eau du puits, de chacune des substances introduites, et K et K′ les coefficients de diffusion qui, en réalité, représentent ici le débit des substances diffusées par unité de temps. Nous écrirons que la perte de substances dans l'eau du puits est égale à la quantité de ces mêmes substances enlevées par le courant d'eau et la diffusion :

$$-\mathrm{V}\,da = qa\,dt + \mathrm{K}a\,\varphi(t)\,dt,$$

d'où

$$\mathrm{V}\,ln\frac{a_0}{a} = qt + \mathrm{K}\int_0^t \varphi(t)\,dt,$$

$$\mathrm{V}\,ln\frac{b_0}{b} = qt + \mathrm{K}'\int_0^t \varphi'(t)\,dt,$$

qu'on peut écrire

$$\frac{\mathrm{V}\,ln\frac{a_0}{a} - qt}{\mathrm{V}\,ln\frac{b_0}{b} - qt} = \frac{\mathrm{K}\int_0^t \varphi(t)\,\delta t}{\mathrm{K}'\int_0^t \varphi'(t)\,\delta t} = m.$$

De même, en refaisant un nouveau prélèvement au temps t', on retombe sur une formule identique

$$\frac{\mathrm{V}\,ln\frac{a_0}{a_1} - qt'}{\mathrm{V}\,ln\frac{b_0}{b_1} - qt'} = \frac{\mathrm{K}\int_0^{t'} \varphi(t)\,\delta t}{\mathrm{K}'\int_0^{t} \varphi'(t)\,\delta t} = m'.$$

Nous avons vérifié au laboratoire que $m = m'$, avec une approximation de moins de 5 %, à la condition, cependant, que l'agitation soit suffisante dans le puits pour maintenir l'homogénéité du mélange pendant tout le cours de l'opération.

Admettons qu'on procède à cette opération à différents moments quand le niveau du puits varie. Plusieurs cas peuvent se présenter.

a. Le niveau du puits est très peu variable et son débit est presque constant. — Le puits est alimenté par un réseau de très fines fissures formant réservoir d'accumulation à l'amont, ou bien on est situé dans la partie la plus amont du périmètre d'alimentation du réseau aquifère souterrain.

b. Le niveau du puits est très peu variable et son débit augmente beaucoup

en temps de crue. — Le puits est alimenté par une fissure suffisamment large à l'aval pour écouler tout le débit d'eau qu'elle draine et qui provient d'un périmètre plus ou moins étendu à l'amont.

c. Le niveau du puits s'élève beaucoup en temps de crue mais son débit augmente peu. — Le puits est alimenté par une fissure dont les dimensions sont insuffisantes à l'aval pour écouler le débit des eaux qu'elle draine à l'amont et, probablement, les eaux s'écoulent par une autre fissure plus large située à l'amont.

d. Le niveau du puits s'élève à certains moments tandis que le débit diminue momentanément pour augmenter ensuite. — Il doit exister très probablement à l'aval une autre fissure dont le débit d'eau fait momentanément barrage à l'écoulement de l'eau de la fissure alimentant le puits.

e. Le niveau du puits s'élève en temps de crue et son débit augmente. — Le puits est alimenté par une fissure qui ne peut écouler, à l'aval, tout le débit d'eau drainé venant de l'amont, ou encore peut recevoir de l'eau d'une fissure en communication continuelle avec une autre diaclase dont les dimensions deviennent insuffisantes pour engouffrer l'augmentation du débit

f. En temps de basses eaux le puits est sans courant et n'en manifeste qu'en hautes eaux. — Ceci tient à la surélévation du niveau d'eau dans le puits qui a permis à l'eau de s'échapper par une fisssure trop haute, en temps de sécheresse, pour écouler l'eau arrivant dans cet ouvrage.

g. Le puits, en tout temps, n'est parcouru par aucun courant. — Il s'alimente à un courant d'eau situé en dehors du puits. Si le niveau d'eau s'élève rapidement dans cet ouvrage, en période humide, le courant d'eau ne doit pas être très éloigné du puits. Dans le cas contraire, on ne peut tirer aucune conclusion des variations de niveau.

Ces constatations ont presque toutes un intérêt pratique.

ÉCOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur les variations saisonnières de la pression osmotique chez quelques Phanérogames atlantiques.* Note de M. **Georges Lemée**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Si le bilan hydrique et particulièrement les fluctuations de la pression osmotique des végétaux méditerranéens et médio-européens ont été l'objet de plusieurs études, il n'en est pas de même des végétaux dont l'aire est confinée dans la partie de l'Europe occidentale à climat océanique

tempéré. J'ai entrepris de rechercher le comportement osmotique de certaines de ces espèces dites « atlantiques » en rapport avec le climat, à Besse-en-Chandesse dans les Monts Dores.

La méthode utilisée a été celle de Walter, par mesure cryoscopique des sucs cellulaires extraits sous pression d'échantillons fixés au préalable à 100°. Ces échantillons ont été prélevés parmi des peuplements homogènes présentant le maximum de vitalité sous des conditions écologiques optimales; les prélèvements ont été faits entre 9 et 10h, par des journées claires offrant des conditions météorologiques aussi semblables que possible. Le tableau suivant donne les résultats obtenus, sous la forme de la température du *point de congélation du suc cellullaire*, ou Δ.

Espèces.	Altitudes (m).	1938. 25-VII.	23-VIII.	16-IX.	3-XI.	10-XII.	1939. 10-IV.	20-V.	27-VI.	13-VII.	26-VIII.
Calluna vulgaris.....	1035	–1°,44	–1°,71	–2°,00	–1°,86	–2°,27	**–2°,96**	–1°,40	–1°,16	–1°,36	–1°,63
Sarothamnus scoparius...........	1040	–1,16	–1,56	–1,51	–1,69	**–1,90**	–1,65	–1,73	–1,20	–1,19	–1,28
Genista pilosa.......	1000	–1,08	–1,30	–1,24	–1,46	**–1,86**	–1,49	–1,15	–0,94	–0,96	–1,21
Ulex europæus.......	1040	–0,98	–1,00	–1,11	–1,30	–1,46	–1,42	**–1,67**	–1,04	–1,07	–1,08
Teucrium Scorodonia (forme de soleil)....	1000	–0,86	–1,01	–1,16	**–1,24**[a]	–1,16[b]	–1,20	–0,92	–0,87	–0,90	–1,04
Idem (forme d'ombre).	1000	–0,79	–0,95	–1,07	–1,29	**–1,53**[a]	–1,20	–0,88	»	–0,87	–0,99
Chrysosplenium oppositifolium.........	1000	»	–0,63	–0,63	»	–0,67	**–0,72**	–0,60	–0,56	–0,61	–0,60

([a]) Feuilles âgées. ([b]) Jeunes feuilles.

Bien que la Callune ne soit pas une espèce atlantique, j'en ai fait l'étude à cause de son aire qui, limitée à la Russie occidentale, en fait une espèce intermédiaire entre les stirpes strictement atlantiques et ceux d'extension eurasiatique. Toutes ces espèces poursuivent leur assimilation en hiver par feuilles persistantes, tiges à tissu chlorophyllien ou pousses feuillées. Elles présentent un minimum de pression osmotique en juin et un maximum hivernal, à l'exception, pour ce dernier, d'*Ulex europæus* qui conserve jusqu'à la fin de juin son aspect hivernal à sa limite altitudinale. La baisse vernale correspond à la phase de croissance active; une transpiration plus active en été peut expliquer les variations quotidiennes, mais non la hausse régulière qui se poursuit jusqu'à l'hiver; en outre, la pluviosité augmente assez régulièrement de juillet à décembre, et j'ai constaté parallèlement une élévation d'ensemble du contenu en eau en été et en automne chez les

espèces étudiées. L'augmentation de pression osmotique est donc due à des causes internes dont la principale serait l'accumulation de matières de réserves solubles pendant la période d'assimilation active et, à la fin de l'automne, la transformation par hydrolyse de l'amidon en glucides solubles, comme l'a admis Gail (¹). L'observation microscopique m'a montré un net appauvrissement automnal des tissus en amidon.

Au contraire de la végétation méditerranéenne, le climat général a une influence secondaire sur les variations de pression osmotique des plantes atlantiques. D'autre part, le caractère océanique du climat ne modifie pas le sens des variations saisonnières osmotiques, comme le montre le parallélisme des courbes que j'ai observées avec celles des végétaux dont l'aire s'étend à toute la Région florale euro-sibérienne ou à des parties de cette Région autres que le Domaine atlantique.

La valeur de la pression osmotique et l'importance de ses variations diffèrent avec les espèces. Les sous-arbrisseaux xéromorphes de lande, *Calluna*, *Ulex*, *Genista*, *Sarothamnus*, ont presque constamment une pression plus élevée que *Teucrium*, plante sciophile dans son habitat optimal. Mais lorsque ce dernier colonise les stations éclairées et arides, comme les rochers, sa pression osmotique est un plus élevée; en même temps sa transpiration (en % de poids frais) peut devenir double de celle de la forme d'ombre et aller jusqu'à la fanaison temporaire. *Chrysosplenium*, espèce à la fois hygrophile et sciophile, conserve une pression osmotique faible et uniforme (7,8 à 10 atm.).

Parmi les espèces xéromorphes appartenant au même habitat de lande, celle de la pression osmotique s'élève le plus en hiver, la callune (42^{atm}), s'étend le plus loin vers l'Est et s'élève le plus haut en altitude (1880^{m}, au Sancy); celle dont la pression demeure le plus faible, l'Ajonc, s'étend à peine plus à l'Est que l'Auvergne sous sa latitude et s'élève le moins en altitude (104^{m} dans les Monts Dores). Cette particularité peut s'expliquer par le fait que les formes les plus résistantes au froid hivernal sont celles dont la concentration du suc cellulaire est la plus élevée en cette période. La limite orientale et altitudinale de l'aire des végétaux atlantiques serait donc déterminée, au moins pour une part, par leur capacité à élever sans dommage leur pression osmotique. Walter avait déjà observé en 1929 (²) que certaines plantes à affinités atlantiques ne peuvent élever leur pression osmotique hivernale au-dessus de 25 atmosphères.

(¹) *Botanical Gazette*, **138**, 1926, p. 434-445.
(²) *Ber. der d. Bot. Gesell.*, **47**, 1929, p. 338-348.

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les potentialités des différentes parties du blastoderme non incubé de Poulet.* Note ([1]) de M. **Hubert Lutz**, présentée par M. Maurice Caullery.

La méthode de la greffe chorio-allantoïdienne modifiée par Et. Wolff et moi-même ([2]) m'a permis de reprendre l'étude des potentialités des différentes parties du blastoderme *non incubé* de Poulet.

1. À cet effet, dans une première série d'expériences, j'ai prélevé l'anneau périphérique du blastoderme non incubé et l'ai greffé, comme dans mes précédentes expériences, entre la séreuse et l'allantoïde d'un embryon de 4 à 5 jours. Sur 16 hôtes soumis à l'expérience, 15 ont vécu jusqu'à la fin de l'expérience et, dans 13 cas, la greffe a réussi; dans certains cas, les

Greffons découpés parallèlement à l'axe embryonnaire présumé.
(Résultats obtenus après 8 à 10 jours d'incubation.)

	Greffes réussies.	Greffons non retrouvés.	Hôte mort prématurément.	Total.
Morceaux lat. droits..	19	16	8	43
» médians....	25	12	3	40
» lat. gauches.	17	10	11	38

greffons avaient largement proliféré, mais aucune différenciation embryonnaire caractéristique ne s'est produite. L'anneau périphérique ne donne donc, en greffe chorio-allantoïdienne, aucun organe de l'embryon. Il appartient tout entier à l'aire extra-embryonnaire future.

2. Dans une deuxième série d'expériences, j'ai divisé le disque central du blastoderme (aire embryonnaire présumée) en 3 bandelettes d'égale largeur, découpées perpendiculairement au grand axe de l'œuf, en conséquence, d'après la loi de von Baer, parallèlement à l'axe présumé du futur embryon.

Les trois catégories de greffons ont donné naissance à des formations embryonnaires caractérisées. J'ai retrouvé la plupart des organes primordiaux de l'embryon, et cela aussi bien à partir des morceaux médians que des morceaux latéraux. Les différenciations histologiques les plus fréquentes sont des éléments du système nerveux, chorde, hypophyse, thyroïde,

([1]) Séance du 18 mars 1940.
([2]) *C. R. Soc. Biol.*, 132, 1939, p. 117.

pharynx, tube digestif, foie, pancréas, canalicules urinaires, cartilage, muscles et des éléments du cœur.

Différenciations histologiques obtenues à partir des trois catégories de greffons.

	Système nerveux.	Chorde.	Hypophyse.	Thyroïde.	Pharynx.	Tube digestif.	Cœur.	Muscle.	Cartilage.	Canalic. urinaires.	Yeux.
Morc. lat. droits..	18	14	8	2	9	10	5	10	11	5	7
» médians....	23	15	6	1	10	15	4	12	14	7	8
» lat. gauches.	13	9	1	2	4	9	1	7	9	5	2

Dans un grand nombre de cas, le greffon présentait un aspect massif, une certaine différenciation morphologique permettant de reconnaître à l'aspect extérieur la nature de l'organe ou du tissu formé (par exemple système nerveux, différenciations oculaires et cardiaques). Cette série permet de conclure que, dans les conditions de l'expérience, les trois morceaux, latéraux et médian, de l'aire centrale embryonnaire sont équipotentiels. Ils peuvent donner naissance aux organes primordiaux de l'embryon, en particulier à ses organes axiaux.

3. Dans une troisième série d'expériences, j'ai découpé l'aire centrale du blastoderme en 2 parties égales, mais cette fois perpendiculairement à l'axe présumé du futur embryon. (Dans d'autres expériences, l'aire embryonnaire a été découpée en 3 bandelettes transversales.) L'orientation a été faite, soit d'après la loi de von Baer, soit d'après la méthode que j'ai exposée ([3]) et qui présente une certitude bien plus grande (observation du croissant extra-embryonnaire).

Expériences de greffe des morceaux découpés transversalement.

Orientation d'après la méthode		Greffes réussies.	Greffons non retrouvés.	Hôtes morts prématurément.	Total.
de von Baer	Partie antérieure....	11	7	3	21
	» postérieure...	12	5	3	20
du croissant	Partie antérieure....	8	6	4	18
	« postérieure...	10	5	4	19

L'examen macroscopique des greffons, prélevés le 9e jour, révèle la présence de formations embryonnaires, telles que vésicules cardiaques, vésicules cérébrales, yeux, aussi bien à partir des fragments antérieurs que des fragments postérieurs. Les premiers résultats de l'étude histologique

([3]) *Comptes rendus*, **209**, 1940, p. 450.

paraissent montrer l'équipotentialité des bandelettes transversales de l'aire centrale du blastoderme. Les morceaux antérieurs ou postérieurs sont capables, semble-t-il, de donner, à eux seuls, les organes primordiaux de l'embryon, d'édifier, à eux seuls, un axe embryonnaire. Ce résultat n'a pu être entièrement assuré, par suite des circonstances ([4]), mais l'existence de greffons massifs et de différenciations morphologiques visibles extérieurement dans les deux séries tend à prouver que les deux moitiés sont équipotentielles.

Conclusions. — Les expériences de greffes chorio-allantoïdiennes de fragments de blastodermes non incubés de Poulet montrent :

1° que l'anneau extérieur du blastoderme ne donne aucune formation embryonnaire;

2° que des fragments de l'aire centrale, découpés sagittalement, sont équipotentiels et capables de donner les organes primordiaux d'un embryon;

3° qu'il en est vraisemblablement de même de fragments de l'aire centrale, découpés transversalement.

Il découlerait de ces résultats qu'il n'y a pas de territoire organogène localisé à une partie de l'aire embryonnaire, mais qu'initialement l'aire embryonnaire est un système équipotentiel.

PHYSICOCHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur les propriétés spectrales et physico-chimiques de la colchicine.* Note de Mlle **Henriette Schuhler**, transmise par M. Marc Tiffeneau.

La colchicine, en raison des modifications qu'elle peut provoquer dans la division cellulaire (Dustin), présente un intérêt biologique particulier; aussi avons-nous tenté d'étudier quelques-unes de ses propriétés physico-

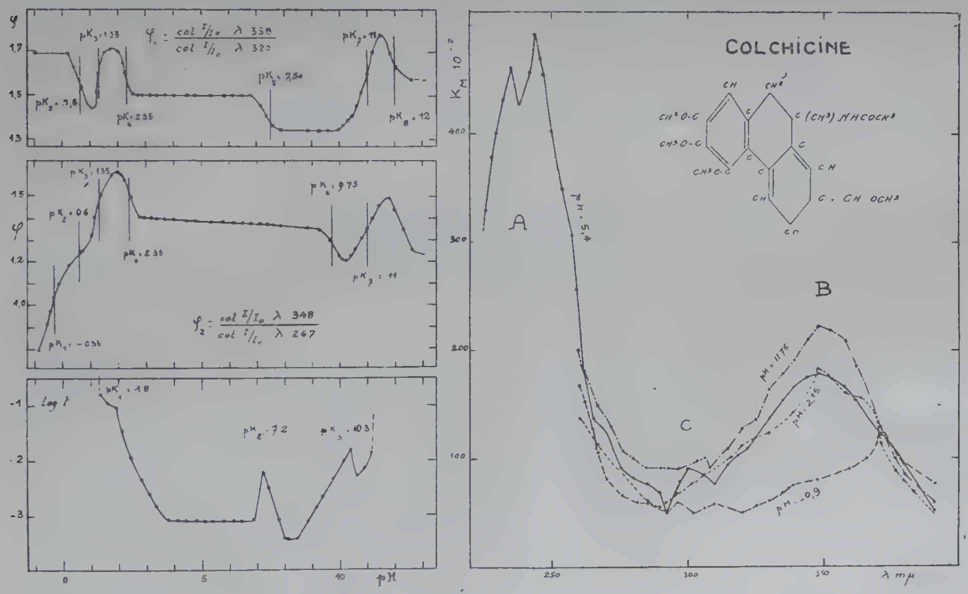
([4]) Les événements d'août-septembre 1939 ont interrompu brusquement le travail de dépouillement histologique des résultats, en cours au Laboratoire de Biologie générale de la Faculté des Sciences de Strasbourg, sous la direction de M. Et. Wolff. Il y a peu d'espoir que ce travail puisse être repris avant longtemps. C'est pourquoi l'auteur s'est décidé à en publier les résultats essentiels, sous leur forme actuelle encore incomplète.

chimiques. Nous avons déterminé les constantes de dissociation et l'absorption ultraviolette.

La colchicine utilisée (Pointet-Girard), cristallisée, fond à 147° (théor. 145°).

Par la méthode de la courbe de neutralisation, on a obtenu, sur une solution à 2.10^{-5} %, par mesures potentiométriques à l'électrode d'antimoine, trois constantes de dissociation de valeurs pK 1,8, 7,2 et 10,3. Kolthoff avait déjà déterminé un pK à 1,79, et Weise et Lévy (1) un autre à 0,14. La constante 7,2 est de l'ordre de grandeur de celles observées dans la plupart des alcaloïdes dérivés de la morphine (de 6 à 8).

Le spectre ultraviolet a été obtenu par une technique quantitative connue (2). A pH constant, avec des concentrations échelonnées de



A droite : Spectre ultraviolet de la colchicine pour différents pH. *A gauche :* Courbes des rapports d'absorption φ en fonction du pH; *en bas*, courbe de coefficient-tampon.

M/20000 à M/200000, nous avons pu vérifier que la loi de Beer s'applique, dans les limites de la précision, à l'ultraviolet (entre λ 260 et 320$^{m\mu}$). A pH 5,4, le spectre ultraviolet (*fig.* 1) montre deux zones d'absorption : un

(1) Kolthoff, *Biochem. Ztschr.*, **1** et **2**, 1925, p. 287-353; Weise et Lévy, *J. de Chim. Phys.*, **14**, 1926, p, 261.

(2) F. Vlès, *Arch. Phys. biol.*, **11**, 1934, II, p. 77-110.

massif de bandes A, à pente très rapide, lequel se dédouble en deux bandes étroites à λ 244 et 235$^{m\mu}$ et possède un double contrefort sur λ 267 et λ 280$^{m\mu}$; d'autre part un massif épais B, à large maximum sur λ 348$^{m\mu}$, qui présente un contrefort vers λ 320. Entre A et B se place un élément bas C, vers λ 300$^{m\mu}$. L'ensemble de ce spectre est d'accord avec les données publiées par de Laet, Laine et J. Maury [3].

Sur une solution à 10^{-5} $^0/_{00}$, on a réalisé des variations de pH par addition de HCl ou de NaOH. Dans ces conditions, le spectre varie peu entre pH 3 et 7; mais en dehors de ces limites, et surtout dans l'extrémité inférieure de l'échelle des pH, l'intensité subit de grandes variations et les contreforts peuvent disparaître; les déplacements en longueur d'onde des bandes deviennent importants pour les pH inférieurs à 1. On peut traduire les modifications de l'absorption, suivant la méthode de Vlès [4], par l'examen des rapports d'absorption $\varphi_1 = (\operatorname{colog} I/I_0 \lambda\, 358)/(\operatorname{colog} I/I_0 \lambda\, 320)$, pris sur la bande A; et $\varphi_2 = (\operatorname{colog} I/I_0 \lambda\, 348)/(\operatorname{colog} I/I_0 \lambda\, 267)$, joignant les bandes A et B. D'après les inflexions de la courbe, on peut déterminer ainsi huit pK, pour les valeurs de pH — 0,35; 0,6; 1,35; 2,35; 7,50; 9,75; 11 et 12. Le pK 7,50 correspond, avec un écart techniquement admissible, au pK électrochimique 7,2; mais comme nous l'avions vu pour l'acide salicylique, les pK extrêmes indiqués par la courbe de neutralisation sont la moyenne arithmétique de paires de pK donnés par le spectre ultraviolet.

Interprétation. — La colchicine, alcaloïde du groupe de la morphine, renferme le noyau phénanthrène, et Steiner a montré [5] quelles modifications spectrales se produisent lorsqu'on passe du noyau fondamental à ces alcaloïdes où les doubles liaisons sont progressivement saturées (le massif des bandes 310-360$^{m\mu}$ du phénanthrène disparaît, les bandes étroites se fusionnent, et les deux autres massifs de bandes, 310-260$^{m\mu}$; 260-250$^{m\mu}$ se déplacent vers le visible). Or, contrairement à ce que l'on pouvait attendre,

---

(3) De Laet, *L'identification médico-légale des alcaloïdes par la spectrographie.* Bruxelles, 1921; M. Laine, *Recherches expérimentales sur les spectres d'absorption des alcaloïdes dans l'ultraviolet.* Nancy, 1937; J. Maury, *Contribution à l'étude spectrographique de l'absorption des rayons ultraviolets par les alcaloïdes et les glucoïdes.* Toulouse, 1937.

(4) Vlès, *Arch. Phys. biol.*, 14, 1937, p. 281-300.

(5) Steiner, *Bull. Soc. Chim. biol.*, Paris, 6, mars 1924, p. 231-284.

la colchicine paraît, au point de vue spectral, se classer assez mal parmi les alcaloïdes de son groupe, et l'on y retrouve la trace du phénanthrène d'une façon beaucoup plus marquée que dans les autres dérivés de la morphine. Le spectre est assez voisin de celui d'une phénanthrène-quinone; d'autre part il offre des analogies d'aspect avec les spectres de corps assez éloignés au point de vue chimique, comme certains carbures à noyau anthracénique ou pyrénique, tels que le benzopyrène, le méthyl-cholanthrène et surtout le benzanthracène (avec lequel les homologies des divers massifs se font par un décalage d'une trentaine de mμ) [6]. Quelles que soient les conditions stéréochimiques, dont la discussion est à faire, qui commandent cette analogie spectrale, elles sont intéressantes par le rapprochement suggéré entre les propriétés biologiques de la colchicine et celles des carbures cancérigènes.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Essais de vaccination contre le typhus historique au moyen de Rickettsias tuées par le formol* (*Souches pulmonaires*). Note [1] de MM. **Paul Durand** et **Paul Giroud**, présentée par M. Louis Martin.

La possibilité d'obtenir facilement de grandes quantités de Rickettsias du typhus historique par la méthode de l'inoculation par voie respiratoire [2] nous a amenés à quelques essais de vaccination au moyen de ces germes tués par le formol.

Technique. — Les poumons de Souris (et éventuellement de Lapins) infectés par voie respiratoire sont broyés très finement et émulsionnés dans du sérum humain ou équin normal dilué à 1/5e dans de l'eau salée physiologique formolée à 2 ‰. Par des centrifugations fractionnées, on élimine d'abord les cellules et les débris cellulaires. Les Rickettsias sont alors

---

[6] Grimbaum et Marchlewski, *Bull. Ac. Cracovie*, A, 1937, p. 171-186; Mayneord et Roe, *Proc. Roy. Soc.*, London, 121, 1937, p. 610; 152, 1935, p. 299-324; J.-C. Vlès, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 950.

[1] Séance du 18 mars 1940.

[2] Paul Durand et Hélène Sparrow, *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 420.

émulsionnées dans du sérum équin ou humain dilué et formolé, en notant la dilution par rapport au poids ou au nombre des poumons utilisés. Le vaccin ainsi préparé est conservé au moins cinq jours à la glacière avant l'emploi. Des inoculations à dose massive au Cobaye ont montré l'absence totale de virulence.

Vaccination du Cobaye. — Cinq séries de Cobayes reçoivent sous la peau des doses diverses de vaccin : la première fois 1/10e de poumon de Souris formolé, la deuxième deux fois cette même quantité; la troisième, la quatrième et la cinquième respectivement une fois, deux fois et trois fois 1/100e de poumon; les injections multiples sont séparées par des intervalles de trois jours. La vaccination a lieu sans réaction locale ni générale apparentes.

Vingt-quatre jours après la dernière injection, tous les animaux sont éprouvés par inoculation péritonéale de 1/100e de cerveau de Cobaye de passage (virus Tunis-Rabta) en même temps que quatre témoins.

La série 3 est la moins bien vaccinée (immunités partielles ou nulles); la série 1 l'est un peu mieux, la moitié de ses animaux présentant une immunité complète ou presque complète. Les trois autres séries, qui ont reçu des injections répétées, le sont à un plus haut degré, en particulier la série 5, dont 7 Cobayes sur 8 sont totalement immunisés. Le nombre des injections a eu bien plus d'importance que la dose injectée.

Vaccination du Singe. — Quatre Cynocéphales reçoivent dans le derme par trois fois à cinq jours d'intervalle 1$^{cm^3}$ de vaccin correspondant à 0^g,015 de poumon de Souris.

Huit jours après la fin de la vaccination, la réaction de Weil et Felix est devenue, de négative qu'elle était, légèrement positive chez les quatre Singes. Le test de séro-protection cutanée est également devenu positif.

Deux de ces Singes sont éprouvés deux mois après la dernière injection vaccinale avec 1$^{cm^3}$ de caillot sanguin de Cobaye de passage. Ils ne font aucune réaction thermique. De deux Cynocéphales témoins éprouvés de la même façon, l'un fait un typhus moyen, l'autre un typhus mortel. Deux Cobayes n'ayant reçu que 1/10e de centimètre cube du caillot font une maladie typique.

Vaccination de l'Homme. — Les résultats obtenus expérimentalement chez l'animal autorisaient des essais chez l'Homme.

Premier essai. — Douze sujets n'ayant certainement jamais été exposés à une contagion typhique reçoivent en trois fois sous la peau, à des inter-

valles d'une semaine, des doses de vaccin correspondant environ à 7/100ᵉ, 12/100ᵉ et 18/100ᵉ de poumon de Souris. Légère réaction à 38° chez quelques sujets après la première injection, rien aux suivantes.

Chez tous les vaccinés, la séro-agglutination de OX 19, négative au début, commence à être positive, le plus souvent à des taux notables dès le huitième jour après la deuxième injection. Pour la plupart, elle est encore plus élevée 18 à 21 jours après la troisième.

La réaction d'agglutination de Rickettsia Prowazeki, pratiquée par le Dr H. Sparrow avec des germes provenant de Poux inoculés de typhus historique par voie rectale, suit une progression analogue.

Enfin le test de séro-protection cutanée décrit par l'un de nous ([3]) est effectué avec le sérum obtenu vers le 60ᵉ jour pour les uns, vers le 80ᵉ pour les autres après la vaccination. Les sérums de 11 sujets sur 12 se comportent comme un sérum de convalescent de typhus et neutralisent le virus d'une façon soit totale, soit presque totale. Le sérum du 12ᵉ donne lieu à des réactions paradoxales, la lésion cutanée du Lapin étant plus intense du côté où a été inoculé le mélange virus-sérum de vacciné que du côté correspondant au mélange virus-sérum normal.

L'action de quelques-uns de ces sérums de vaccinés sur le virus murin (souche Zinsser, poumon de Souris), étudiée par la même méthode, montre une neutralisation légère, moins nette que celle du virus historique.

Deuxième essai. — Le vaccin est utilisé à des doses environ trois fois moindres que dans l'essai précédent. Il provient soit de poumon de Souris (0g,03 par injection chez le vacciné T...), soit de poumon de Lapin (0g,06 par injection chez les vaccinés W... et L...). La vaccination comporte trois injections sous-cutanées à 5 jours d'intervalle. Seul T... réagit avec 38° à la première dose, aucun aux suivantes.

Chez les vaccinés T... et L..., le Weil et Felix devient positif pour OX 19, 20 jours après la fin de la vaccination; il reste négatif chez le vacciné W....

Le test de séro-protection devient également positif ce 20ᵉ jour chez les trois, après avoir été légèrement positif dès le 5ᵉ jour chez le sujet L....

Il est donc possible, surtout si l'on multiplie les inoculations, d'obtenir chez le Cobaye une forte immunité contre le virus historique, à l'aide de Rickettsias formolées, provenant de poumons de Souris ou d'autres animaux comme le Lapin, par exemple, infectés par voie respiratoire avec ce

---

([3]) Paul Giroud, *C. R. Soc. Biol.*, 127, 1938, p. 397.

virus. Ce vaccin, employé soit par voie intradermique, soit par voie sous-cutanée, provoque presque toujours chez l'Homme ou le Singe une réaction de Weil-Felix positive. L'Homme ou le Singe ainsi traités présentent dans leur sérum des anticorps neutralisants. Deux Singes vaccinés ont résisté à une épreuve qui a infecté les témoins.

La séance est levée à $15^h 20^m$.

A. Lx.